

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95>

НИКЕЛЬ И ВАНАДИЙ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Коханистая Н.В.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-6039-5177;

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nvkohanistaya[at]sfedu.ru)

Аннотация

Степная зона юга России представляет собой территорию, в рамках которой активно развиваются все отрасли промышленности, транспорта, сельского хозяйства. В пределах Ростовской области широко развит агропромышленный комплекс, представленный, в первую очередь, высокоэффективным растениеводством. В статье рассмотрены почвенный покров и сельскохозяйственная продукция области. Изучено изменение распределения никеля и ванадия в верхнем почвенном слое при использовании различных сельскохозяйственных технологий. Выявлено, что в почвах под мелиорируемыми ландшафтами образуются благоприятные условия для накопления ванадия и вынесения никеля. При изучении дифференции основных культур по способности к накоплению данных микроэлементов была отмечена тенденция к их накоплению в овощных культурах, в частности в свекле. Используя содержание элементов в почве, был рассчитан коэффициент биологического поглощения изучаемых культур, что позволило оценить уровень накопления ими тяжелых металлов.

Ключевые слова: никель, ванадий, почвенный покров, сельскохозяйственная продукция, Ростовская область.

NICKEL AND VANADIUM IN CROP PRODUCTION OF THE ROSTOV OBLAST

Research article

Kokhanistaya N.V.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-6039-5177;

¹ Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (nvkohanistaya[at]sfedu.ru)

Abstract

The steppe zone of the south of Russia is a territory in which all sectors of industry, transport, agriculture are actively developing. The agro-industrial complex, represented primarily by highly efficient crop production, is widely advanced within the Rostov Oblast. The article examines the soil cover and agricultural products of the region. Changes in the distribution of nickel and vanadium in the upper soil layer when using different agricultural technologies were studied. It was revealed that soils under meliorated landscapes form favorable conditions for vanadium accumulation and nickel extraction. When studying the differentiation of the main crops on the ability to accumulate these microelements, the tendency to their accumulation in vegetable crops, in particular in beets, was noted. Using the content of elements in the soil, the coefficient of biological absorption of the studied crops was calculated, which allowed to estimate the level of accumulation of heavy metals by them.

Keywords: nickel, vanadium, soil cover, agricultural products, Rostov Oblast.

Введение

В последнее время в связи с активным развитием сельского хозяйства возникает повышенное давление на созданные агроэкосистемы. Степная зона юга Европейской части России – зона интенсивного сельскохозяйственного производства, где выращивается большая часть земледельческой продукции страны. Начиная с 2020 года, по стоимости произведенной сельскохозяйственной продукции Ростовская область занимает 2 место в России, уступая Краснодарскому краю, расположенному в более благоприятной по природно-климатическим условиям зоне. Основной отраслью сельского хозяйства области является растениеводство.

Сельскохозяйственные угодья занимают 81,3 % общей площади области. Доля пашни ежегодно увеличивается, достигая 57,9% всей ее территории (5841,4 тыс. га) [1]. Подобное увеличение угодий не может происходить бесследно.

Все агроландшафты на территории Ростовской области в соответствии с классификацией Н.С. Касимова [2] были разделены на следующие отделы: полевые пахотные, огородные (овощные), рисовые плантации и ландшафты с многолетними культурами (сады и виноградники). При дальнейшем разделении на классы, когда учитываются особенности водной миграции, выделяются неорошаемые (богарные) и орошаемые ландшафты, представленные овощными и рисовыми плантациями [3].

Среди названных ландшафтов наибольшее распространение в Ростовской области получили полевые богарные (71,2 % от площади всех сельскохозяйственных угодий) [4], представленные пахотными территориями, на которых активно выращиваются зерновые, зернобобовые, технические и кормовые культуры. Из-за дефицита водных ресурсов площадь орошаемых земель сократилась в 2 раза по сравнению с 1980-ми годами и сейчас составляет около 3,6 % от общей площади пашни. Сады и виноградники занимают ещё меньшее пространство – менее 0,5 %.

Агроландшафты расположены в пределах двух крупных почвенных зон: степной зоне южных и обыкновенных черноземов и сухостепной зоне каштановых почв. Первая зона занимает основную часть Ростовской области; на

засушливом востоке и юго-востоке развиты каштановые почвы. Каштановые почвы представлены темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми подтипами. Характерной особенностью последних является сланцеватость, растущая в восточном направлении.

Развитие сельскохозяйственного производства происходит параллельно с увеличением агротехногенной нагрузки, проявляющейся в уплотнении почвы, дегумификации, внесении минеральных удобрений, приводящее к изменению в пахотном горизонте количественного содержания микроэлементов, что ведет к нарушению их биогеохимических циклов миграции и последующему накоплению во всех блоках агроэкосистем.

К микроэлементам относится большая группа химических элементов, встречающихся в организме в небольших количествах. К данной группе относятся никель и ванадий. Оба элемента необходимы живым организмам в небольшом количестве. Ni в растениях стимулирует процессы нитрификации и минерализации соединений азота, но при высоких концентрациях оказывает фитотоксическое действие, проявляющееся в снижении абсорбции питательных веществ, замедлению роста растений и нарушению метаболизма [5], [6], [7]. Действие ванадия на растительные сообщества также двоякое: он является незаменимым элементом в роли катализатора в процессах фиксации атмосферного азота, с другой стороны, может угнетающе действовать на растения, вызывая хлороз и приводя к замедлению темпов их роста [6], [8], [9].

В связи с этим, исследование распределения никеля и ванадия в почвах и особенно в растениеводческой продукции различных агроландшафтов – важная и актуальная научно-практическая задача.

Методы и принципы исследования

В основу работы положены результаты площадной эколого-геохимической съемки территории области, а также эколого-геохимического обследования 42 агропредприятий разной земледельческой специализации, расположенных в различных природно-сельскохозяйственных зонах Ростовской области. Опробование включало в себя отбор проб поверхностного (0–20 см) почвенного горизонта и сельскохозяйственных культур.

Эколого-геохимическая съемка проводилась по сети 0,5 × 0,5 км. Отбор почвенных образцов выполнялся методом конверта с пробной площадки размером 10 × 10 м. В ходе проведенных работ было отобрано 2492 проб.

На каждой площадке одновременно с почвой отбирали пробу продуктивной части сельскохозяйственной культуры. Опробование проводилось по достижению культурами товарной зрелости. В результате было отобрано 2110 проб сельскохозяйственных растений, из них: 1474 проб зерновых и зернобобовых культур, 495 – кормовых трав, 68 – фруктов и ягод, 85 – овощей.

В почвенных и растительных образцах содержание элементов определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Для почвенных проб рассчитывались коэффициенты концентрации и рассеяния тяжелых металлов по отношению к местному геохимическому фону. Интенсивность накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах выражалась через коэффициент биологического поглощения (КБП), полученный делением содержания химического элемента в растении на его содержание в почве.

Результаты исследования и их обсуждение

Основным источником поступления микроэлементов в растительные организмы является почвенный покров, состав которого претерпевает трансформацию под влиянием агротехногенной деятельности человека. С целью выявления степени преобразования сельскохозяйственных ландшафтов Ростовской области необходимо изучить естественное содержание химических элементов в почвах фоновых территорий. Эталонными территориями принято считать земли, расположенные вне зоны влияния сельскохозяйственной деятельности, промышленного загрязнения и крупных автомагистралей [2]. В данной работе за естественный геохимический фон приняты содержания никеля и ванадия в почвах пастбищ, максимально отдаленные от основных источников загрязнения районов Ростовской области [10], [11]. Фоновые содержания никеля в черноземных почвах составили 41 мг/кг, в каштановых почвах – 45 мг/кг; ванадия – 96 и 99 мг/кг соответственно.

Как уже отмечалось, среди всех агроландшафтов области наиболее распространенными являются неорошаемые (богарные) ландшафты, отличающиеся минимальным агрогенным преобразованием почвенной среды. На их примере возможно изучение распределения Ni и V в разных типах почв области (табл. 1).

Таблица 1 - Содержания тяжелых металлов в различных типах почв богарных ландшафтов Ростовской области

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95.1>

	Черноземы		Каштановые		
	южные	обыкновенные	светло-каштановые	каштановые	темно-каштановые
Ni, мг/кг	46	41	39	36	33
V, мг/кг	92	96	110	105	116

Анализ содержаний элементов в почвах богарных ландшафтов выявил незначительные различия в концентрациях ТМ внутри разных типов почв богарных ландшафтов, что возможно объяснить общей направленностью почвообразовательного процесса и слабой литогеохимической дифференциацией почвообразующих пород. Распределение никеля в почвах имеет следующие особенности: наблюдается незначительное увеличение содержания элемента в ряду темно-каштановые – каштановые – светло-каштановые – черноземы обыкновенные – черноземы южные. Ванадий же наоборот накапливается преимущественно в подтипах каштановых почв.

В целом, среднее содержание микроэлементов в почвах неорошаемых ландшафтов близко к фоновым величинам. Исключением составляет никель в каштановых почвах, содержание которого в 1,15–1,36 раза меньше установленного педогеохимического фона.

Мелиорируемые ландшафты и многолетние насаждения испытывают более мощное агротехногенное воздействие, обусловленное интенсивным внесением минеральных удобрений и пестицидов, глубокой вспашкой, привнесением химических элементов с оросительной водой, изменение структуры почвенного профиля и др. Эти факторы вызывают возникновение более значительной дифференциации содержания элементов в верхнем почвенном покрове агроландшафтов (табл. 2).

Таблица 2 - Содержания ТМ в почвах различных агроландшафтов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95.2>

	Полевые пахотные	Ландшафты многолетних насаждений		Мелиорируемые	
	богарные	сады	виноградники	орошаемые	периодически заливаемые
				овощные плантации	рисовые чеки
Ni, мг/кг	42	47 (1,1)	49 (1,1)	34 (0,8)	37 (0,8)
V, мг/кг	98	95	92	105 (1,1)	124 (1,3)

Примечание: * – коэффициент рассеяния (K_p); ** – коэффициент концентрации (K_k); составлено по [9], [12]

Средние содержания V в почвах ландшафтов многолетних насаждений сопоставимы с фоновыми величинами, в почвах рисовых чеков – максимальны по сравнению с другими агроландшафтами. Концентрации Ni в почвах мелиорируемых ландшафтов (овощных плантаций и рисовых чеков) составляют 0,8 долей от фона.

Периодически заливаемые ландшафты отличаются наиболее интенсивным внесением удобрений и пестицидов и длительным пребыванием почвенного покрова под водой, что обусловило специфику геохимических процессов. В почвах рисовых чеках изменчивы щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия среды, непостоянен гидродинамический режим [13], [14]. За счет нестабильности почвенно-геохимической обстановки формируются как положительные, так и отрицательные аномалии ТМ, а выращенный на этих почвах рис часто обеднен микроэлементами.

Таким образом, можно выявить отчетливую тенденцию к выносу никеля и накопления ванадия в почвах орошаемых ландшафтов.

Разная обеспеченность почв микроэлементами приводит к различному их накоплению в сельскохозяйственных культурах. Помимо педогеохимических особенностей почв на химический состав растений также оказывают влияние видовая принадлежность растений, биоморфы, фазы вегетации, природные условия и другие факторы.

Содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной растительности Ростовской области изменяются в широких пределах (табл. 3). Наибольшую вариабельность проявляет ванадий. Его содержание изменяется от 0,014–0,020 мг/кг во ржи и горохе до 0,845 мг/кг в рисе. Изменение концентрации никеля в продуктивной части сельскохозяйственных культур также происходит в широких пределах. Наименьшие содержания Ni наблюдаются в таких плодовых культурах как вишня, яблоко и виноград (0,11–0,16 мг/кг), наибольшие – в горохе 2,09 мг/кг).

Таблица 3 - Содержания никеля и ванадия в продуктивной части сельскохозяйственных культур, выращенных на территории Ростовской области

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95.3>

Культура	Химический элемент		Культура	Химический элемент	
	Ni, мг/кг сухого вещества	V, мг/кг сухого вещества		Ni, мг/кг сухого вещества	V, мг/кг сухого вещества
<i>Зерновые и зернобобовые культуры</i>			Эспарцет	0,66	0,365
Пшеница	0,35	0,046	<i>Фрукты и ягоды</i>		
Ячмень	0,34	0,039	Виноград	0,16	0,158
Рожь	0,43	0,014	Вишня	0,15	0,175
Кукуруза	0,30	0,039	Яблоко	0,11	0,067
Подсолнечник	0,24	0,052	<i>Овощи</i>		
Горох	2,09	0,020	Томат	0,68	0,270
Рис	0,76	0,845	Морковь	0,70	0,755
<i>Кормовые культуры</i>			Перец	0,69	0,125

Люцерна	0,59	0,341	Капуста	0,77	0,243
Суданская трава	0,46	0,248	Свёкла	1,36	0,585

Примечание: составлено по [9], [12], [15], [16]

На фоне широкого диапазона содержаний ТМ пробах растительности была выявлена следующая тенденция роста средних концентраций V, характерная для многих тяжелых металлов [2], [6], [17], [18], в последовательности: зерновые и зернобобовые культуры – фрукты и ягоды – овощи – кормовые травы. Среди всех представленных культур особого внимания заслуживает рис, отличающийся наибольшим содержанием данного микроэлемента, что обусловлено их выращиванием в пределах рисовых чеков (периодически заливаемые ландшафты), которым свойственно накопление V.

Увеличение средних содержаний никеля происходит несколько в ином порядке: фрукты и ягоды – кормовые травы – зерновые и зернобобовые культуры – овощи. Этот порядок складывается благодаря естественной способности гороха к активному накоплению элемента, отмечаемой многими авторами [5], [17], [18].

Установленные закономерности в накоплении микроэлементов растительностью также могут быть объяснены и тем, какую именно часть растения употребляют в пищу: корнеплоды, содержащие максимальное количество элементов (свёкла), листья, занимающие по концентрации тяжелых металлов промежуточное положение за счет дополнительной аккумуляции элементов с пылью и атмосферными осадками (капуста) или плоды (вишня, виноград, томаты, яблоки, зерновые культуры). Тем не менее распределение исследуемых металлов в овощах и фруктах подтверждают факт того, что растения аккумулируют химические элементы в следующем порядке: корни > листья > плоды.

Для оценки уровней накопления тяжелых металлов в растениях были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения. Как показали результаты исследования, горох способен активно накапливать никель (КБП 1,22), что объяснимо его важной биохимической функцией (рис. 1, рис. 2).

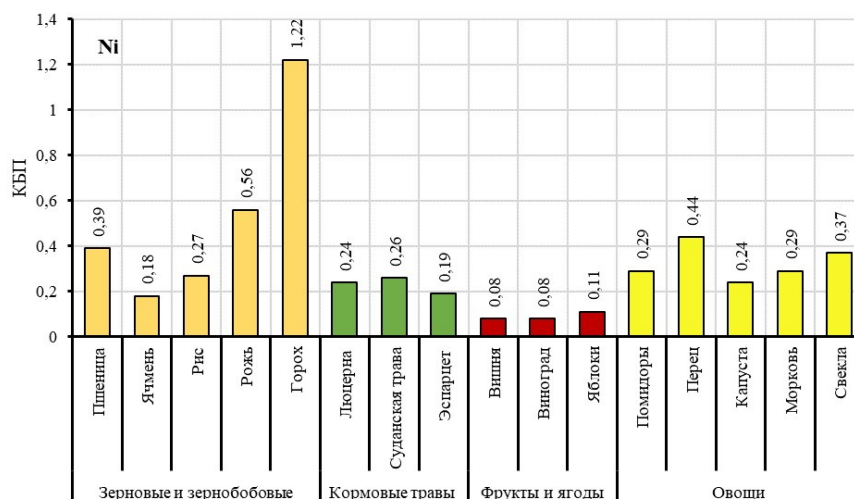


Рисунок 1 - Коэффициент биологического поглощения (КБП) никеля в сельхозкультурах
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95.4>

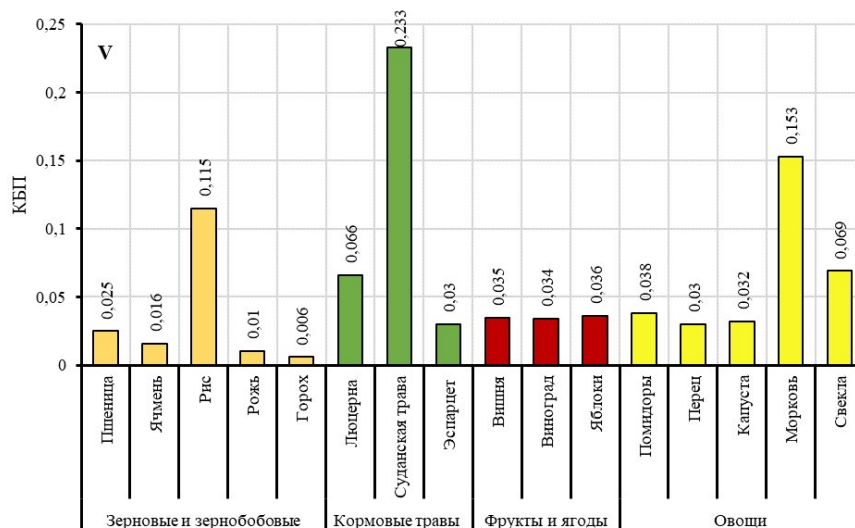


Рисунок 2 - Коэффициент биологического поглощения (КБП) ванадия в сельхозкультурах
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.95.5>

Известно, что никель относится к элементам среднего биологического захвата (КБП = 0,1–1); ванадий является элементом слабого и очень слабого захвата, КБП которого не превышает 0,1 [19]. Снижение интенсивности накопления Ni отмечается в фруктовых и ягодных культурах, таких как вишня и виноград (КБП=0,08), и переход элемента в категорию элементов слабого и очень слабого захвата. Увеличение интенсивности накопления никеля отмечается в горохе (КБП=1,22) и перемещение этого элемента на более высокий уровень (рис. 1). Переход ванадия в группу среднего биологического захвата отмечено в рисе, суданской траве и моркови (рис. 2).

На основании анализа полученных данных можно утверждать, что для кормовых трав характерно интенсивное накопление всех рассматриваемых элементов. Среди овощей особое внимание заслуживает свёкла, для которой характерно интенсивное накопление Ni и V. Данное обстоятельство связано с тем, что были проанализированы корнеплоды свеклы, которые запасают питательные вещества и ассоциированы с корневой системой.

Заключение

Различия в содержаниях элементов между разными типами почв богарных ландшафтов Ростовской области незначительны, что объясняется общей направленностью почвообразовательного процесса и слабой литогеохимической дифференциацией почвообразующих пород.

В почвах мелиорируемых ландшафтов по сравнению с неорошаемыми видна отчетливая тенденция к выносу Ni из почв и накоплению V. Данное обстоятельство связано с уровнем агротехногенного воздействия, которое увеличивается от богарных агроландшафтов к рисовым чекам и виноградникам.

При изучении сельскохозяйственной продукции были выявлены следующие тенденции роста содержания тяжелых металлов:

V: зернобобовые культуры – фрукты и ягоды – овощи – кормовые травы;

Ni: фрукты и ягоды – кормовые травы – зерновые и зернобобовые культуры – овощи.

Среди зерновых культур выделяется рис, который отличается наибольшей интенсивностью накопления ванадия, что обусловлено выращиванием его на почвах периодически заливаемых ландшафтов, в рамках которых складываются благоприятные условия для накопления этого элемента. В ряду овощных культур особого внимания заслуживает свёкла, для которой было отмечено повышенное накопление рассматриваемых микроэлементов относительно остальных рассматриваемых культур.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Регионы России. Социально-экономические показатели 2021 [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>. (дата обращения: 15.10.22)
2. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов / Н.С. Касимов – М.: ИП Филимонов М.В., 2013. – 208 с.
3. Zakrutkin V.E. Heavy metals in the soil and vegetation cover of agricultural landscapes in the steppe southern European Russia (Rostov region as a case study). / V.E. Zakrutkin, D.Yu. Shishkina, N.V. Kokhanistaya // IOP Conference Series: Earth

and Environmental Science. 9th International Symposium "Steppes of Northern Eurasia"; – Issue 817. – Orenburg: IOP Publishing Ltd, 2021. – p. 012116. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012116

4. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2021 году» [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. – 2022. – URL: <https://oopt.donland.ru/presscenter/news/124340/>. (дата обращения: 18.10.22)

5. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо — Новосибирск : Изд. СО РАН, 2001. — 228 с.

6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 439 с.

7. Kohanistaya N.V. Features of distribution of nickel in soils of the Rostov region. / N.V. Kohanistaya // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2017; – Issue 17. – Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2017. – p. 471-478. doi: 10.5593/sgem2017/51/S20.062

8. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен – Майкоп: Адыгея, 2003. – 1028 с.

9. Закруткин В.Е. Ванадий в агроландшафтах Ростовской области. / В.Е. Закруткин, Н.В. Коханистая // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 1. – с. 83-88.

10. Закруткин В.Е. Геохимия ландшафта и техногенез / В.Е. Закруткин — Ростов-на-Дону : Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. — 308 с.

11. Коханистая Н.В. Определение регионального педогеохимического фона (на примере Ростовской области) / Н.В. Коханистая, Д.Ю. Шишкина // Сотрудничество стран БРИКС для устойчивого развития : материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых стран БРИКС; — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. — с. 295-298.

12. Коханистая Н.В. Никель в системе почва-растение агроландшафтов Ростовской области / Н.В. Коханистая // Миссия молодежи в науке. Материалы научно-практической конференции; — Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. — с. 340-343.

13. Алексеенко В.А. Почвы геохимических ландшафтов Нижнего Дона и их экологическая характеристика / В.А. Алексеенко, Т.М. Минкина, Н.В. Швыдка и др. — Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2018. — 158 с.

14. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа / В.В. Дьяченко – Ростов-на-Дону: Комплекс, 2004. – 267 с.

15. Коханистая Н.В. Биоаккумуляция никеля и ванадия зерновыми культурами Ростовской области / Н.В. Коханистая // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VIII Международной научной конференции; — Белгород, 2019. — с. 145-147.

16. Kohanistaya N.V. Nickel and vanadium in agricultural crops of the Rostov region. / N.V. Kohanistaya // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018; – Issue 18. – Albena: STEF92 Technology Ltd., 2018. – p. 581-588.

17. Протасова Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях Воронежской области. / Н.А. Протасова // Агрохимия. – 2005. – № 2. – с. 80-86.

18. Сериккызы М.С. Изучение пищевых и химических составов бобовых продуктов: горох, фасоль, соя. / М.С. Сериккызы, К. Кызыр // Инновации в науке. – 2006. – № 7(59). – с. 110-114.

19. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Regiony' Rossii. Social'no-e'konomicheskie pokazateli 2021 [Regions of Russia. Socio-economic indicators 2021] [Electronic source] // Federal State Statistics Service. – 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>. (accessed: 15.10.22) [in Russian]

2. Kasimov N.S. E'kogeoximiya landshaftov [Ecogeochemistry of landscapes] / N.S. Kasimov – М.: IP Filimonov M.V., 2013. – 208 p. [in Russian]

3. Zakrutkin V.E. Heavy metals in the soil and vegetation cover of agricultural landscapes in the steppe southern European Russia (Rostov region as a case study). / V.E. Zakrutkin, D.Yu. Shishkina, N.V. Kokhanistaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 9th International Symposium "Steppes of Northern Eurasia"; – Issue 817. – Orenburg: IOP Publishing Ltd, 2021. – p. 012116. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012116

4. E'kologicheskij vestnik Dona «O sostoyanii okruzhayushhej sredy' i prirodny'x resursov Rostovskoj oblasti v 2021 godu» [Ecological Bulletin of the Don "On the State of the Environment and Natural Resources of the Rostov Region in 2021"] [Electronic source] // Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. – 2022. – URL: <https://oopt.donland.ru/presscenter/news/124340/>. (accessed: 18.10.22) [in Russian]

5. Ilin V.B. Mikroelementy i tyazhelie metalli v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoi oblasti [Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region] / V.B. Ilin, A.I. Siso — Novosibirsk : Publishing House of the SB RAS, 2001. — 228 p. [in Russian]

6. Kabata-Pendias A. Mikroelementy' v pochvax i rasteniyax [Trace elements in soils and plants] / A. Kabata-Pendias, X. Pendias – М.: Мир, 1989. – 439 p. [in Russian]

7. Kohanistaya N.V. Features of distribution of nickel in soils of the Rostov region. / N.V. Kohanistaya // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2017; – Issue 17. – Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2017. – p. 471-478. doi: 10.5593/sgem2017/51/S20.062

8. Sheudzhen A.X. Biogeoximiya [Biogeochemistry] / A.X. Sheudzhen – Majkop: Ady'geya, 2003. – 1028 p. [in Russian]

9. Zakrutkin V.E. Vanadij v agrolandshaftax Rostovskoj oblasti [Vanadium in agricultural landscapes of the Rostov region]. / V.E. Zakrutkin, N.V. Koxanistaya // Teoreticheskaya i prikladnaya e'kologiya [Theoretical and Applied Ecology]. – 2013. – № 1. – p. 83-88. [in Russian]
10. Zakrutkin V.E. Geokhimiya landshafta i tekhnogenez [Landscape geochemistry and technogenesis] / V.E. Zakrutkin — Rostov-na-Donu : Publishing House of the Higher School of Economics, 2002. — 308 p. [in Russian]
11. Kokhanistaya N.V. Opredelenie regionalnogo pedogeokhimicheskogo fona (na primere Rostovskoi oblasti) [Determination of the regional pedogeochemical background (on the example of the Rostov region)] / N.V. Kokhanistaya, D.Yu. Shishkina // BRICS cooperation for sustainable Development : Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists of the BRICS countries; — Rostov-na-Donu : Southern Federal University Press, 2015. — p. 295-298. [in Russian]
12. Kokhanistaya N.V. Nikel v sisteme pochva-rastenie agrolandshaftov Rostovskoi oblasti [Nickel in the soil-plant system of agricultural landscapes of the Rostov region] / N.V. Kokhanistaya // The mission of youth in science. Materials of the scientific and practical conference; — Rostov-na-Donu: Southern Federal University Press, 2015. — p. 340-343. [in Russian]
13. Alekseenko V.A. Pochvi geokhimicheskikh landshaftov Nizhnego Dona i ikh ekologicheskaya kharakteristika [Soils of geochemical landscapes of the Lower Don and their ecological characteristics] / V.A. Alekseenko, T.M. Minkina, N.V. Shvidkaya et al. — Rostov-na-Donu: Southern Federal University Press, 2018. — 158 p. [in Russian]
14. D'yachenko V.V. Geoximiya, sistematika i ocenka sostoyaniya landshaftov Severnogo Kavkaza [Geochemistry, systematics and assessment of the state of landscapes of the North Caucasus] / V.V. D'yachenko – Rostov-na-Donu: Kompleks, 2004. – 267 p. [in Russian]
15. Kokhanistaya N.V. Bioakkumulyatsiya nikelya i vanadiya zernovimi kulturami Rostovskoi oblasti [Bioaccumulation of nickel and vanadium by grain crops of the Rostov region] / N.V. Kokhanistaya // Problems of nature management and the ecological situation in European Russia and adjacent territories. Materials of the VIII International Scientific Conference; — Belgorod, 2019. — p. 145-147. [in Russian]
16. Kohanistaya N.V. Nickel and vanadium in agricultural crops of the Rostov region. / N.V. Kohanistaya // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018; – Issue 18. – Albena: STEF92 Technology Ltd., 2018. – p. 581-588.
17. Protasova N.A. Tyazhely'e metally' v chernozemax i kul'turny'x rasteniyax Voronezhskoj oblasti [Heavy metals in chernozems and cultivated plants of the Voronezh region]. / N.A. Protasova // Agroximiya [Agrochemistry]. – 2005. – № 2. – p. 80-86. [in Russian]
18. Serikky'zy' M.S. Izuchenie pishhevy'x i ximicheskix sostavov bobovy'x produktov: gorox, fasol', soya [Study of food and chemical compositions of legumes: peas, beans, soybeans]. / M.S. Serikky'zy', K. Ky'zy'r // Innovacii v nauke [Innovations in science]. – 2006. – № 7(59). – p. 110-114. [in Russian]
19. Perel'man A.I. Geoximiya [Geochemistry] / A.I. Perel'man – M.: Vy'sshaya shkola, 1989. – 528 p. [in Russian]